

ISSN 1692-2611

Borradores Departamento de Economía

N°43

Septiembre de 2011

Estimación del stock de capital humano bajo la metodología Jorgenson-Fraumeni para Colombia 2001-2009

Elaborado por:

Juan David Correa Ramírez
Jaime Alberto Montoya Arbeláez

Este documento es producto de un trabajo de grado para optar al título de Economista de la Universidad de Antioquia, asesorado por el profesor Wilman Gómez, y obtuvo mención de honor como trabajo de grado de Economía 2011-1.



**FACULTAD DE CIENCIAS
ECONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE
ECONOMÍA**

Medellín - Colombia

La serie Borradores Departamento de Economía está conformada por documentos de carácter provisional en los que se presentan avances de proyectos y actividades de investigación, con miras a su publicación posterior en revistas o libros nacionales e internacionales. El contenido de los Borradores es responsabilidad de los autores y no compromete a la institución.

[Click aquí para consultar todos los borradores en texto completo](#)

Estimación del stock de capital humano bajo la metodología Jorgenson-Fraumeni para Colombia 2001-2009

Juan David Correa Ramírez y Jaime Alberto Montoya Arbeláez*

-Introducción. -I. Revisión de literatura y evidencia empírica. -II. Metodología. -III. Resumen de los datos y resultados empíricos. -IV. Conclusiones. -Apéndice. – Bibliografía

Resumen:

En este trabajo se lleva a cabo la estimación del valor del stock de capital humano bajo la metodología Jorgenson-Fraumeni para Colombia en el periodo 2001-2009. Se encuentra que la tasa de crecimiento del capital humano es de 3.24%, inferior a la de la producción de la economía que fue de 4.38%. Igualmente, se halla que los hombres contribuyen en mayor medida a la tasa de crecimiento del stock agregado, al igual que las personas que se encuentran en el nivel educativo de superior incompleta, mientras que los individuos más jóvenes, con edad entre 15 y 34 años, contribuyen más por grupos de edad. Asimismo, se halla que el valor del capital humano es superior al PIB de la economía. Además, se estima que las tasas de inversión bruta, depreciación y revaluación real del capital humano, son de 7.48%, 4.44% y 0.1%, respectivamente, dando como resultado una tasa de inversión neta igual a 3.09%. Finalmente, se encuentra que el stock es sensible a los cambios de parámetros, pero sus tasas de crecimiento parecen inalteradas.

Palabras claves: Capital humano, metodología Jorgenson-Fraumeni, flujo de ingresos futuros, stock agregado, índice de Divisia.

Abstract:

In this paper we estimate the value of the human capital stock under the Jorgenson-Fraumeni methodology for Colombia over the period 2001-2009. We found that the growth rate of human capital is 3.24%, which is lower than the output growth rate of the economy, 4.38%. Similarly, we find that men contribute more to the growth rate of the aggregate stock, as well as those that are at

*Juan David Correa Ramírez: Estudiante de economía, Universidad de Antioquia. Dirección electrónica: jdavidcra@gmail.com. Jaime Alberto Montoya Arbeláez: Estudiante de economía, Universidad de Antioquia. Dirección electrónica: montoyajaime@live.com. Agradecemos a nuestro asesor por su colaboración y disposición, así como a los profesores Remberto Rhenals y Héctor Arango por sus comentarios y enseñanzas.

an incomplete higher education level, while younger individuals aged between 15 and 34 years contribute more by age group. Likewise, the value of human capital is higher than that of GDP. Also, the rates of gross investment, depreciation and revaluation of human capital are 7.48%, 4.44% and 0.1%, respectively, thus resulting in a net investment rate of 3.09%. Finally, we found that the stock is sensitive to changes in parameters, but their growth rates seem unaffected.

Keywords: Human capital, Jorgenson-Fraumeni methodology, future income stream, aggregate stock, Divisia Index.

Clasificación JEL / JEL Classification: C43, E29, I29, J24, J3, O15.

Introducción

El crecimiento económico per cápita de la economía colombiana entre 1925 y 2000 fue, en promedio, del 2.1% (Posada, 2008). Múltiples factores han contribuido a la realización de esa tasa, y entre ellos está el efecto del capital humano. Desde el punto de vista teórico existe reconocimiento para mostrar a este factor como uno de los que más impacta sobre el crecimiento de largo plazo de las economías, lo que ha llevado a buscar formas de medirlo y aproximarse a su verdadero valor con el objetivo de obtener información sobre sus efectos en la economía, evaluar políticas y diseñar planes de crecimiento de largo plazo. Sin embargo, para el caso colombiano, son muy pocas las mediciones del valor del capital humano que se han realizado y que sean satisfactorias desde un punto de vista académico.

Así, el capital humano se define como “los conocimientos, habilidades, capacidades y atributos incorporados en los individuos que facilitan la creación del bienestar personal, social y económico” (OCDE, 2001), por lo que una medición adecuada de este recurso debe ir acorde con la definición. Para propósitos de este trabajo, el término capital humano es restringido a conocimientos, habilidades y competencias, lo cual excluye atributos como la salud (Jones, 2010). Una metodología que permite integrar estos factores es la seguida por Jorgenson-Fraumeni, la cual busca medir el capital humano a partir del valor presente de los ingresos futuros esperados del mismo. Esta forma de aproximarse al valor de este activo intangible no ha sido aplicada para Colombia, lo cual hace relevante su aplicación, además de buscar contribuir al acervo de conocimiento sobre este factor. De esta forma, la primera parte de este trabajo muestra la revisión de literatura y evidencia empírica sobre las mediciones de capital humano, haciendo énfasis en la metodología Jorgenson-Fraumeni. En la segunda parte se presenta la metodología. La tercera parte ofrece el resumen de los datos y los resultados empíricos. Y finalmente se darán las conclusiones del trabajo.

I. Revisión de literatura y evidencia empírica

Los estudios pioneros de este enfoque se remontan a Petty (1690), quien calculó el stock de capital humano en Inglaterra y Gales capitalizando la masa salarial, definida como la diferencia entre el ingreso nacional estimado y el ingreso por propiedad a perpetuidad para una tasa de interés del 5% de donde obtuvo un stock de £520 millones o £80 per cápita. A pesar de no ser un cálculo riguroso (más bien de carácter heurístico), aun por simple que fuese, suscitó el interés por dar cuenta del valor monetario de las actividades laborales de un país, y proporcionó un resultado con significado económico e interpretación social. Así pues, el supuesto esencial del modelo es *valorar el capital humano plasmado en los individuos* como el total de ingresos que pueda generar en el mercado laboral sobre su tiempo de vida (Le et al, 2003).

Muchos fundamentos y motivaciones que incentivaron a llevar a cabo el trabajo de Jorgenson y Fraumeni (1989) se encuentran en Graham y Webb (1979), quienes presentan una estimación del stock de capital humano de EE.UU para el año 1969. De este trabajo, cabe resaltar los supuestos bajo los cuales se sustenta: (1) en promedio, los individuos en la

misma cohorte de edad y con la misma educación pueden ser tratados como idénticos, (2) todos los rendimientos o retornos del capital humano son monetarios y acumulables solo por el individuo, en donde (3) dichos rendimientos son monetarios, además, (4) los individuos no incurren en más inversiones después de terminar el periodo escolar; con respecto a los ingresos, (5) se encuentran sujetos a una tasa de crecimiento exógena de origen no especificado y (6) el flujo de ingresos futuro es descontado a una tasa constante a través de todos los años y categorías de escolaridad.

De tal forma, Graham y Webb (1979) concluyen que un mayor nivel educativo está asociado a una mayor riqueza para todos los años de los individuos, también muestran que el capital humano parece tener un proceso de apreciación durante algunos años, para luego seguir una depreciación de tipo lineal en los años posteriores; de igual forma, el stock de capital humano agregado bajo la propuesta del valor presente es mucho mayor al de la estimación seguida por el método del costo¹ para una tasa de descuento del 7.5%, mientras que las dos propuestas parecen ser comparables o semejantes cuando la aproximación del valor presente utiliza una tasa de descuento del 20%.

Ahora bien, Jorgenson y Fraumeni (1989) presentan un nuevo sistema de cuentas nacionales para la economía de EE.UU para el periodo entre 1948 y 1984. En cuanto al capital humano, su concepto se basa en la analogía de la inversión en capital físico, pero en este caso aplicado a la inversión en el ser humano; y es que el gasto presente produce rendimientos en el futuro. Así, el valor agregado del stock de capital humano es definido como la suma del flujo de ingresos futuros vitales de todos los individuos en la población estadounidense, tanto de las labores que son llevadas a cabo y transadas en el mercado como de aquellas que están por fuera de este.

Así, la medición realizada muestra que el capital humano es mayor al capital físico en cantidades significativas (relación de 11 a 1). De igual forma, los autores integran el concepto de depreciación y revaluación para el capital humano. La depreciación la definen como la suma en el cambio del ingreso laboral vital de individuos con la edad, quienes permanecen en la población total y el ingreso laboral vital de aquellos que mueren o emigran. Mientras que las revaluaciones definidas como el cambio en el ingreso laboral vital de periodo a periodo para todos los individuos con un conjunto dado de características demográficas. Además, encuentran que la riqueza humana medida por el capital humano, representa más del 90% de la riqueza de EE.UU a través del periodo de la postguerra, mostrando, por tanto, que soslayar la inversión en forma de riqueza humana en las cuentas nacionales es un grave problema de omisión. En cuanto al stock de capital humano, creció durante el periodo de postguerra de manera estable. Este incremento se debe a varios factores; los más importantes fueron el incremento en la población, el incremento en el nivel promedio de educación alcanzada y el incremento en la tasa salarial, siendo este último el factor que más ha influido en ello.

Le, Gibson y Oxley (2002), bajo el enfoque de Jorgenson y Fraumeni, estiman para Nueva Zelanda, en los años 1981, 1986, 1991, 1996 y 2001. Su trabajo toma la fuerza laboral como punto de referencia (por lo que son las actividades de mercado las que se pretenden

¹Esta comparación hace referencia al trabajo realizado por Kendrick (1976).

valorar), pues según los autores, son estos individuos quienes directamente participan en la producción económica y por ende, es su capital humano la mejor medida de la capacidad productiva del país. En el modelo propuesto, los individuos tienen la posibilidad de pasar a un estado con un nivel educativo mayor y así aspirar a un perfil de salario-edad superior.

Wei (2001, 2008, 2009), propone un esquema formal para incluir la medición del capital humano como otro agregado del sistema de cuentas nacionales en Australia. Su estimación es elaborada para los censos de 1981, 1986, 1991 y 2001, y se enfoca en la fuerza laboral comprendida entre 25 y 65 años; además, realiza una detallada descripción del comportamiento de los componentes de la inversión del capital humano, separando el aporte de la experiencia laboral de la educación y especificando a profundidad la relación entre el componente de depreciación y el de revaluación.

Christian (2009) presenta una estimación en los EE.UU para el periodo entre 1994-2006 el cual incluye actividades de mercado y de no mercado. Además, desglosa la inversión tanto neta como bruta sobre la inversión en educación para cinco componentes principales, puesto que los cambios en la población pueden ser descompuestos en diferentes causas (como muertes y nacimientos, entre otros); así pues, define tal inversión desde los nacimientos, depreciación por muertes, inversión por educación y edad de personas matriculadas, depreciación por edad de las personas no matriculadas y un factor residual que captura las variaciones no explicadas por los nacimientos, las muertes, la edad y/o la educación.

Li *et al.* (2009) presentan una estimación del stock de capital humano en China para el periodo comprendido desde 1985 hasta 2007; además, realizan una proyección hasta el 2020 en la cual el capital humano se acumula tanto a través de la educación formal como de la experiencia laboral y tal valor se hace cero al alcanzar la edad de retiro del individuo. Hallan que el crecimiento del capital humano en los últimos años se debe en mayor parte a factores que incrementan el logro educativo y no al crecimiento poblacional; pues al construir su indicador del crecimiento del capital humano con base en la educación que creció a una tasa mayor que su indicador con base en el género, es prueba de un mayor impacto de la educación sobre la acumulación de capital humano. Por último, las proyecciones hasta 2020 muestran que manteniéndose los parámetros de 2007 y permitiendo solo variar la población, la tasa de crecimiento del total del capital humano y del per cápita disminuirá considerablemente, por tanto, sugieren que las políticas económicas deben adoptarse de manera más activa a fin de mantener la velocidad de crecimiento del stock de capital humano.

Liu y Greeker (2009) estiman para Noruega en 2006, en el que agrupan su muestra poblacional según años de educación para la fuerza laboral entre los 15 y 67 años, especifican 8 niveles de escolaridad a fin de detallar un análisis de corte transversal por nivel educativo. Además, dentro de su estimación, la posibilidad de escolaridad está abierta para cualesquier edad. Igualmente, ajustan el valor potencial del capital humano presente en los estudiantes de temprana edad incluyendo los ingresos de un trabajo de medio tiempo que estos ganan o podrían recibir.

Gu y Wong (2010) llevan a cabo la estimación del capital humano de Canadá para los años entre 1970 y 2007. El stock de capital humano es estimado a través del flujo descontado de ingresos futuros esperados de todos los individuos en edad de trabajar de la población de este país. Además, la inversión neta es calculada a partir del cambio en el stock de capital humano debido a la suma de nuevos miembros que alcanzan la edad para participar del mercado laboral, así como el efecto de la inmigración en el mismo. Hallan que la mayor parte del crecimiento del stock agregado es debido al aumento en la población de personas en edad de trabajar. Así mismo, resaltan el papel que tuvo el aumento en el nivel de educación de la población, de igual forma, encuentran que el factor que más contribuyó en la depreciación del capital humano es el envejecimiento de la población. Estos dos últimos efectos, el del incremento en el nivel de educación como el envejecimiento de la población del país, llevaron a que en los años posteriores a 1980 se tuviese un capital humano per cápita en un valor estable, pues los incrementos en el stock agregado debidos al aumento en los logros educativos fueron compensados por la reducción del mismo a causa del incremento en la edad de la población. Al igual que la mayoría de trabajos existentes, muestran que sus estimaciones son sensibles a cambios en la tasa de crecimiento de los ingresos futuros y la tasa de descuento; sin embargo, las tasas de crecimiento y las conclusiones cualitativas de la estimación son menos sensibles a estos cambios.

Jones (2010) estima el stock de capital humano del Reino Unido para un periodo que va desde el año 2001 hasta 2009, en el cual incorpora la probabilidad de empleo de los individuos dentro del flujo neto de ingresos futuros, asignando las correspondientes probabilidades de empleo a cada cohorte poblacional definida a través de 6 categorías educativas. Además, enfatiza el efecto de la crisis financiera sobre el capital humano, concluyendo que si bien el tamaño de la población ocupada aumentó durante el periodo, el capital humano per cápita redujo su ritmo de crecimiento en la época de recesión de 2009.

Coremberg (2010) realiza una estimación de la riqueza en capital humano de Argentina para los años de 1994, 2001 y 2004, mediante la valoración del capital humano productivo siguiendo la metodología de Mulligan y Sala i Martín (1997), y el stock agregado de capital humano y la producción del sector educativo de acuerdo al método de Jorgenson y Fraumeni (1989, 1992). En su estimación utiliza los flujos de ingresos futuros (ingreso permanente) para estimar la producción del sector educativo y analizar el comportamiento de la riqueza en capital humano para años de gran inestabilidad macroeconómica y a su vez la relación de tal riqueza con los efectos cíclicos de la economía argentina. Por último, señala que el efecto de la crisis argentina en 2001 condujo a una obsolescencia del capital humano derivada de la experiencia, pues al cambiar el perfil salarial de los individuos, se requiere de más años de experiencia para maximizar el efecto de la educación sobre los ingresos y por ende se modifica el perfil de los flujos descontados de ingresos futuros.

Finalmente, para Colombia se cuenta con algunos trabajos, resaltando dos mediciones. Vargas (2002) calcula el capital humano a partir de una serie de personas que aprueban cada nivel educativo teniendo en cuenta las personas desertoras, para luego estimar la inversión por medio del salario esperado por nivel educativo multiplicado por el número de personas que aprobaron ese año; y así estimar el capital humano para cada nivel educativo por medio del método de inventarios perpetuos, para finalmente agregarlos en un stock de capital humano total. Posada y Rojas (2008) siguen un procedimiento de inventarios

perpetuos para calcular un índice de capital humano, pero ellos miden la inversión en capital humano como el cociente entre alumnos matriculados en secundaria y la población total, encontrando una tendencia semejante a la de Vargas (2002)².

II. Metodología

En general, el capital humano puede ser producido por el sector educativo y la formación de los individuos, como también por la experiencia laboral y los procesos migratorios que ayudan a dar cuenta del valor potencial de este. Ahora bien, según los principios teóricos de la medición del valor de un activo y bajo la idea de que el capital humano es uno de ellos, se puede encontrar en principio, que bajo un ambiente de competencia perfecta, en donde exista un mercado de capitales perfecto y no haya presencia de externalidades, la medición “hacia atrás” del costo acumulado en el gasto efectuado para producir el activo (*Backward Measure*) y la medición del flujo descontado de ingresos producidos procedentes del mismo (*Forward Measure*) son equivalentes (Graham y Webb, 1979).

Aunque en la realidad estas condiciones raramente se cumplen, es interesante conocer ambas aproximaciones con el objetivo de aproximarse al valor correcto del activo. Sin embargo, parece razonable que una economía dinámica preocupada por *la evaluación de sus capacidades productivas futuras* estaría más inclinada hacia la propuesta del valor presente esperado que a la del costo histórico³ (Graham y Webb, 1979). Adicionalmente, el capital humano a diferencia del capital físico, no es un activo que se tranche explícitamente en el mercado, por tanto, surgen problemas a la hora de determinar el precio y por ende el costo de adquisición del mismo. Aun así, mediante el cálculo del rendimiento potencial del activo, es posible determinar el valor de este tal como se propone en el *forward measure*. Una de estas técnicas, es la metodología basada en el ingreso futuro propuesta por Jorgenson y Fraumeni (1989. 1992), enfoque que ha sido el más ampliamente usado para el cálculo del stock de capital humano, el cual permite estimar su valor, y ha sido adoptada por la OCDE como el método de medición del mismo (OCDE, 2008). Se puede resaltar de este enfoque las siguientes virtudes:

En primer lugar, ciertamente este enfoque puede valorar el capital humano a precios del mercado, desde que incluye características del mercado laboral (salarios, remuneración acorde al nivel educativo, entre otros) (Li *et al.*, 2009). Segundo, bajo este método no se hace necesario suponer de manera arbitraria una tasa de depreciación, debido a que la

² La tasa de depreciación que ambos trabajos asumen es la tasa de mortalidad de la economía.

³ La propuesta del costo histórico busca medir el capital humano haciendo referencia al flujo de inversiones pasadas incluyendo inversiones provenientes de los individuos, familias, empleadores y gobiernos. Esta propuesta documenta, a través del método de inventarios perpetuos, los costos incurridos cuando se produce el capital humano. De esta forma, se incluye el costo de crianza de los niños, de la educación, el costo de oportunidad de los estudiantes, entre otros gastos que se hacen para formar el capital humano en los agentes de una sociedad. Este método de valoración del capital humano fue implementada por autores como Schultz (1961), Kendrick (1976), Eisner (1985), entre otros.

depreciación ya está implícita dentro del modelo⁴ (Le *et al.*, 2003). Tercero, esta metodología presenta una forma simplificada de descontar el flujo de ingresos futuros. Así mediante un método recursivo hacia atrás, es posible hallar el valor presente del flujo de ingresos en cada edad (Le *et al.*, 2003).

Otra contribución de este enfoque es la posibilidad de incluir el valor potencial creado por las personas que están participando en la educación formal y que prevén un ingreso y un empleo como resultado de una educación adicional (Le *et al.*, 2003). Así mismo, permite medir directamente el ingreso vital asociado con las actividades laborales, lo que a su vez puede ser usado para caracterizar el curso vital de un individuo en el que se identifica una transformación gradual del capital humano potencial en consumo, inversión, mejoramiento del mismo y la transformación de los ingresos presentes en riqueza financiera a través del ahorro que se deja disponible para apoyar la etapa de retiro de un individuo⁵ (Gu y Wong, 2010).

No obstante, la metodología de Jorgenson-Fraumeni presenta algunos inconvenientes que se deben tener en cuenta, los cuales se enuncian a continuación⁶:

Primero, se resalta uno de los supuestos que implica el modelo, esto es, que las diferencias observadas en los salarios reflejen diferencias en la productividad. Segundo, la estimación, es altamente sensible a la tasa de descuento que se utilice, así como a la edad de retiro del mercado laboral que se establezca y a la tasa a la que crecen los salarios reales⁷.

Cabe añadir, algunas limitaciones particulares al modelo. Rothschild (1992) señala que este enfoque asume que el capital humano aumenta en igual proporción la productividad del tiempo dedicado al ocio y a las actividades laborales⁸. Además, critica la forma de imputación de Jorgenson y Fraumeni sobre las actividades de no mercado, puesto que asumen que el desempleo es relevante sobre la división del capital humano entre las actividades de mercado y las que no lo son, pero la existencia de este no tiene un efecto negativo en el stock agregado. Según esto último, Conrad (1992) resalta que no habría cambios en el capital humano tanto si la población está completamente empleada o no, puesto que el tiempo no trabajado será imputado de todas formas como actividades de no

⁴ Los retornos a la educación dan prueba de ello, evidenciando que el capital humano es mayor para los individuos más jóvenes para luego decaer siguiendo un patrón de depreciación lineal.

⁵ Bajo la idea de la suavización del consumo que proponen las teorías del ingreso permanente y del ciclo vital, estas estimaciones podrían contribuir a que un gobierno pudiese ejecutar políticas con el fin de buscar una mejor asignación de recursos, a lo largo del periodo productivo de los agentes y así, lograr una mayor eficiencia de los mismos.

⁶ Todos estos comentarios están basados en Le *et al* (2003).

⁷ Si se toman en cuenta los argumentos de Fraumeni (2011), el deliberado manejo de estos supuestos puede llevar a varios sesgos sobre los resultados, que pueden poner en duda la fiabilidad de la estimación, por lo cual se debe avanzar en garantizar que la forma de elegir estos parámetros sea la más fiable y rigurosa.

⁸ La elección de horas de trabajo no está desligada del capital humano, más cuando el individuo consigue algún nivel de utilidad derivado del ingreso no laboral y que el ingreso completo no es una función lineal de la tasa de salario.

mercado, además el salario promedio de los trabajadores se imputa como ingreso no laboral para los no trabajadores y esto implica un sesgo de selección de muestra.

De igual forma, es posible la presencia de sesgos de habilidad⁹, puesto que el modelo no permite variaciones grandes en la dotación personal debido a las diferencias intrínsecas entre individuos para la misma edad, sexo y educación. Estas limitaciones provocan sesgos en la estimación de los flujos de ingreso y por tanto sobre el stock de capital humano. Por último, cabe decir que Jorgenson y Fraumeni (1989) utilizan una edad de retiro para los individuos muy alta, lo cual resulta en una sobrestimación considerable del flujo de ingresos.

Ahora bien, cuando se estima el ingreso vital para calcular el capital humano, una cuestión de interés es que el ingreso puede ser generado tanto de actividades de mercado como de no mercado. En el primer tipo de actividades los individuos producen bienes y servicios, fomentan la innovación y el crecimiento a través de actividades de gestión y creación, y generan ingresos que permitan la adquisición de bienes y servicios en el mercado. En cuanto a las actividades de no mercado de los individuos, incluyen la producción doméstica o de los hogares, como por ejemplo cocinar, la lectura, prestación de cuidado y crianza de niños, entre otras.

De esta forma, es posible ver que la inversión puede proceder de ambas actividades; sin embargo, debido a que las actividades de no mercado son difíciles de cuantificar y valorar, además de requerir estimaciones sobre el tiempo gastado en ellas, se opta en este trabajo por excluir su estimación¹⁰. Igualmente, se puede argumentar que el capital humano incorporado en las actividades laborales es más importante a la hora de evaluar la capacidad productiva de la población en su conjunto (Gu y Wong, 2010).

La propuesta Jorgenson-Fraumeni imputa el valor de los ingresos vitales esperados en el futuro basado en la probabilidad de supervivencia y de matricularse en el sistema educativo. De igual forma se tomará en cuenta solo la población ocupada que se encuentra entre 15 y 62 años de edad¹¹, esto con el fin de incluir solo a las personas ocupadas en edad de trabajar hasta la edad de retiro. El salario e ingreso esperado en el futuro son estimados a partir de los actuales salarios e ingresos observados del *cross-section* de individuos quienes son más viejos que una cohorte dada en el tiempo de observación. Los ingresos futuros son incrementados a una tasa de crecimiento del ingreso laboral para ser descontado posteriormente con una tasa constante. La estimación es llevada a cabo de manera recursiva hacia atrás, es decir se estima primero el ingreso laboral vital para los agentes con mayor edad, para luego proceder a la estimación de los que son un año menor que estos; y así sucesivamente hasta el punto en que se llega a la población más joven (Li et al, 2009 y

⁹Sesgos de competencias individuales asociados a la capacidad para crear ingresos, véase Ahlroth, et al (1997) y Dagui y Slootie (2000).

¹⁰ Para tener una referencia detallada de cómo se puede llevar a cabo la estimación de las horas gastadas en actividades de no mercado, véase Jorgenson y Fraumeni (1992).

¹¹ Si bien la legislación en Colombia establece la edad de retiro en 62 años para los hombres y 57 para las mujeres, para este trabajo se establece en 62 años tanto para hombre como mujeres debido al límite en edad establecido por los demás países los cuales son muy cercanos a este valor.

2011). Así, el método para calcular el ingreso vital esperado se resume en la siguiente ecuación¹²:

$$h_{s,a,e} = y_{s,a,e} + sr_{s,a+1} * \frac{(1+g)}{(1+\rho)} [senr_{s,a+1,e+1} * h_{s,a+1,e+1} + (1 - senr_{s,a+1,e+1}) * h_{s,a+1,e}] \quad (1)$$

En donde:

s: Sexo.

a: Edad.

e: Nivel de educación logrado o alcanzado.

y: Ingreso anual del mercado per cápita.

h: Ingreso vital del trabajo per cápita, o medida del capital humano por persona.

sr: Tasa de supervivencia, definida como la probabilidad de llegar a ser un año más viejo.

g: Tasa de crecimiento de los ingresos laborales, la cual es constante a través de la estimación.

ρ: Tasa de descuento de los ingresos futuros, la cual es constante a través del periodo estimado.

senr: Probabilidad de que un individuo que ha alcanzado un nivel de educación *e* este matriculado en el próximo año en el nivel de educación *e* + 1¹³.

Y se asume, finalmente que las personas que están en el periodo de retiro o son menores a 15 años¹⁴:

$$h_{s,a,e} = 0 \quad (2)$$

Ahora bien, siguiendo a Fraumeni (2011) a fin de calcular el cambio en el stock agregado real de capital humano se utiliza una medida obtenida a partir de un índice de volumen de Divisia, el cual capta el crecimiento de este como la suma ponderada de las tasas de crecimiento de la población de las diferentes cohortes de sexo, edad y nivel educativo, de tal forma que:

$$\Delta \ln H = \sum_{s,a,e} \bar{v}_{s,a,e} \Delta \ln L_{s,a,e} \quad (3)$$

Donde el operador Δ representa el cambio entre dos periodos de tiempo consecutivos del volumen de capital humano, *H* es el valor real del stock del capital humano y *L* es la población, que con los subíndices indica cada uno de los grupos por sexo, edad y nivel

¹²El procedimiento de construcción de los datos y las variables necesarias para aplicar esta ecuación se resumirán en la sección III.

¹³ Algunos trabajos incluyen dentro de la probabilidad de matrícula escolar el número de años que le toma a un individuo pasar del nivel educativo *e* al *e*+1, tales como Gu y Wong (2010) y Liu y Greaker (2009). Igualmente la OCDE ha recomendado para futuras estimaciones optar por este método.

¹⁴Para una mayor comprensión de esta ecuación, en el apéndice A se explica de una forma resumida y simple la lógica que hay detrás de esta expresión.

educativo. De igual forma, con la intención de capturar los cambios en precios relativos se utiliza el siguiente factor:

$$\bar{v}_{s,a,e} = \frac{1}{2} [v_{s,a,e}^t + v_{s,a,e}^{t-1}], \quad v_{s,a,e} = \frac{h_{s,a,e} L_{s,a,e}}{\sum_{s,a,e} h_{s,a,e} L_{s,a,e}} \quad (4)$$

Siendo $\bar{v}_{s,a,e}$ el valor promedio de la proporción $v_{s,a,e}$ entre dos periodos de tiempo t , en el que $h_{s,a,e}$ es el flujo de ingresos laborales vitales promedio definido para una cohorte de sexo, edad y nivel educativo. Por ende, *ceteris paribus*, el índice de volumen se incrementará en tanto aumente la población en el tiempo; no obstante, también lo hará por un aumento de la población hacia aquellos individuos que presenten un flujo de ingresos vitales mayor debido a que se encuentran en una etapa temprana de su vida laboral o bien por aumentos del nivel educativo, la experiencia o los ingresos laborales asociados a un perfil salarial superior. Para una mayor claridad sobre el índice de Divisia, ir al apéndice B.

No obstante, si bien se ha definido el índice con el cual se medirá el cambio en el valor real del stock de capital humano, también se hace necesario especificar la construcción de tres índices de Divisia parciales, los cuales son mediciones alternativas de interés debido a que permiten capturar las contribuciones por sexo, nivel educativo y edad al crecimiento agregado. Es así como se define el índice parcial de Divisa para el género de la siguiente forma:

$$\Delta \ln H = \sum_s \bar{v}_s \Delta \ln L_s \quad (5)$$

$$\text{Donde } \bar{v}_s = \frac{1}{2} (v_s^t + v_s^{t-1}) \quad (6)$$

$$v_s = \sum_{a,e} v_{s,a,e}$$

De manera similar a la anterior, son definidos los índices parciales para los grupos de edad y el nivel educativo.

Ahora bien, siguiendo a Gu y Wong (2010), de manera similar al cambio en el stock de capital físico, el cambio en el capital humano puede ser interpretado como inversión neta, el cual se puede descomponer en tres elementos: inversión bruta, depreciación y revaluación del capital humano. Por tanto, para derivar los elementos de la variación en el stock, se parte de la definición de stock de capital humano, el cual en valores monetarios corrientes en el periodo t es la suma del flujo de ingresos vitales por el total de la población en edad de trabajar:

$$P_H^t H^t = \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^t \quad (7)$$

Donde P_H^t y H^t son respectivamente los índices de precios y de volumen del stock agregado de capital humano. Así, el cambio en el stock del periodo $t-1$ al periodo t puede ser escrito como:

$$P_H^t H^t - P_H^{t-1} H^{t-1} = \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^t - \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1} \quad (8.1)$$

$$= \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^t - \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^{t-1} + \sum_{s,a,e} (h_{s,a,e}^t - h_{s,a,e}^{t-1}) L_{s,a,e}^{t-1} \quad (8.2)$$

Reorganizando la ecuación anterior, y al sumar y restar el término

$\sum_{s,a,e} h_{s,a+1,e}^t sr_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1}$, tenemos que:

$$= \left(\sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^t - \sum_{s,a,e} h_{s,a+1,e}^t sr_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1} \right) - \left(\sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^{t-1} - \sum_{s,a,e} h_{s,a+1,e}^t sr_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1} \right) + \sum_{s,a,e} (h_{s,a,e}^t - h_{s,a,e}^{t-1}) L_{s,a,e}^{t-1} \quad (8.3)$$

El primer componente del cambio en el stock de capital humano (primer término de la ecuación (8.3)) es la inversión bruta en capital humano, la cual refleja incrementos en el stock debido al incremento de la población, aumento de la educación formal, la experiencia laboral, salud e inmigración. Para esta estimación, la inversión en capital humano refleja adiciones de nueva fuerza laboral a la población ocupada debido a la inserción de individuos, a la inmigración y a aumentos en el nivel educativo de los mismos. A saber, es posible reescribir la inversión en capital humano de la siguiente forma:

$$\sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^t - \sum_{s,a,e} h_{s,a+1,e}^t sr_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1} = \sum_{s,a \in \{15\},e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^t + \sum_{s,a \notin \{15\},e} h_{s,a,e}^t (L_{s,a,e}^t - sr_{s,a-1}^{t-1} L_{s,a-1,e}^{t-1}) \quad (9)$$

Así pues, esta inversión es estimada como la suma de los cambios en los flujos de ingresos debido a la educación formal y el flujo de ingresos vitales de aquellos individuos que entran a formar parte de la población ocupada. El primer término del lado derecho de la expresión anterior, es el flujo de ingresos vitales de aquellos individuos que han alcanzado la edad necesaria para participar de la población en edad de trabajar, esto captura el efecto de la crianza y educación de los individuos hasta los 15 años de edad que son ocupados. El segundo término de la ecuación es la adición al stock de capital humano debido a la educación formal, la cual es calculada como el capital humano promedio de un individuo para una determinada cohorte con edad superior a los 15 años multiplicado por el cambio en la población de un nivel educativo específico.

El segundo componente del cambio en el stock de capital humano surge de la depreciación, ésta concierne al cambio en el stock debido al envejecimiento, la muerte y la emigración de la población. Este componente puede ser reescrito de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t L_{s,a,e}^{t-1} - \sum_{s,a,e} h_{s,a+1,e}^t s r_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1} \\
 = \sum_{s,a,e} (h_{s,a,e}^t - h_{s,a+1,e}^t) s r_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1} + \sum_{s,a,e} h_{s,a,e}^t (L_{s,a,e}^{t-1} - s r_{s,a+1}^{t-1} L_{s,a,e}^{t-1}) \quad (10)
 \end{aligned}$$

Por ende, la depreciación es calculada como la suma de los cambios en el flujo de ingresos vitales relacionados con el envejecimiento de todos aquellos que permanecen en la población ocupada (primer término del lado derecho de la ecuación (10)), así como los ingresos laborales vitales de todos los individuos que mueren, emigran o alcanzan la edad de retiro. Igualmente, cabe recordar que dado el carácter finito del periodo laboral de un individuo, su flujo de ingresos laborales será cada vez menor con el pasar de cada año.

En lo que respecta a la revaluación, el tercer componente del cambio en el stock de capital humano de la ecuación (8.3), la cual es el cambio en el capital humano de todos los individuos de un periodo a otro para un conjunto dado de características demográficas (genero, edad y nivel educativo) y es calculada como el total de cambios en el flujo de ingresos laborales para cada cohorte poblacional. Estos cambios pueden darse debido a varias razones, pues es susceptible al efecto de los ciclos económicos, efectos generacionales y las dinámicas del mercado laboral.

III. Resumen de datos y resultados empíricos

A. Descripción de los datos

A fin de implementar la metodología seguida para la estimación de capital humano, se requiere información poblacional anual sobre características socioeconómicas (la edad, el sexo, el nivel educativo, entre otras). La fuente de datos utilizada es la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH), elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para periodos de muestra anual entre 2001 y 2009 para el total nacional, la cual brinda información explícita sobre muchas de las variables de interés, y a su vez permite construir algunas que así lo requieran, tal como la probabilidad de matrícula por nivel educativo¹⁵. Además, se requerirán valores exógenos para la construcción del flujo descontado de ingresos vitales, como la tasa de descuento (tasa de interés de largo plazo) y la tasa de crecimiento de los ingresos reales, las cuales serán tomadas de la literatura existente.

Recordando lo dicho anteriormente, los datos se clasifican por sexo, edad y nivel educativo para la población ocupada. El rango de edad para el que la muestra se dividió fueron las personas entre los 15 y 62 años, la razón de escoger este conjunto obedece a las recomendaciones dadas por la OCDE y ampliamente adoptadas por el consorcio internacional para la medición del capital humano. No obstante, esta recomendación es algo

¹⁵Vale aclarar que existen cambios de nivel en las encuestas debido a cambios en la metodología del DANE, por lo que en este trabajo no se realiza algún tipo de empalme que busque hacer coincidir la información. No obstante, los autores creen que este impase es compensado por la intensión de obtener un valor del stock de capital humano.

arbitraria y por tanto, este supuesto se podría relajar y con ello ampliar el rango de edad (Jones, 2010)¹⁶.

En cuanto a los niveles educativos, se tomó la serie de años de educación para cada una de las encuestas disponibles, aclarando que le excluyeron los encuestados que no reportaron años de educación, y se definió una variable categórica que toma valores de 1 a 5 para clasificar los logros educativos, así:

- Primaria: de 0 a 5 años.
- Secundaria: de 6 a 11 años.
- Superior Incompleta: de 12 a 15 años.
- Pregrado: 16 años.
- Postgrado: mayor a 16 años.

Para la tasa de supervivencia, la cual es definida como la probabilidad de que un individuo pueda llegar a vivir un año más, fue tomada de las series poblacionales de mortalidad nacionales y departamentales 1985 – 2020 calculadas por el DANE. Este estudio, contiene información sobre la tasa de mortalidad por sexo en grupos de 5 años de edad para cada quinquenio; de esta forma, utilizando el hecho de que la suma de la tasa de mortalidad y supervivencia es igual a uno se puede hallar fácilmente la tasa de supervivencia, además se asume que dicha tasa no varía por nivel educativo. De igual manera, la tasa de crecimiento de los salarios reales, se asumió como la tasa de crecimiento del PIB per cápita de largo plazo¹⁷, la cual es igual a 2.3% (Rhenals y Saldarriaga, 2007)¹⁸; mientras que la tasa de descuento del flujo de ingresos fue tomada como un promedio de la tasa de interés real de Colombia usando datos del Banco de la República, que es igual a 4.8%¹⁹.

Ahora bien, la Tabla 1 muestra un resumen de la población objetivo a partir de varias características. En efecto, se observa cómo la participación de la población ocupada por género se mantiene estable para el periodo de análisis, lo cual muestra que no hay cambios significativos en esta característica. De la misma forma, cuando se observa por nivel educativo, la población con mayor participación es la que posee un nivel de secundaria, sin embargo, su participación se ha mantenido estable. Igualmente, para el grupo de primaria

¹⁶ Es claro que existen personas en la economía las cuales tienen una edad superior al momento de retiro y aún permanecen en el mercado laboral e incluso con una alta productividad. Esto justamente es lo que podría permitir aumentar el rango de edad, más aun si se toma en cuenta que la esperanza de vida de un individuo es superior a la edad de retiro obligatoria.

¹⁷ Este supuesto es correcto a la luz de los modelos de competencia perfecta, en los que se demuestra que el crecimiento del salario real es igual al crecimiento del producto per cápita, para mayor detalle de esto, ver por ejemplo Barro y Sala-i-Martin (2003).

¹⁸ La tasa de crecimiento del PIB per cápita calculado por los autores corresponde al periodo 1905-2006.

¹⁹ El periodo de referencia fue 1986 – 2010. Igualmente, se hizo un ejercicio de estimación de un modelo ARIMA de orden 2,1,1 para encontrar el promedio de largo plazo de esta variable, y los resultados fueron muy similares al valor promedio aritmético, por lo cual se eligió este último. Además, es de resaltar que Misas, et al (2006) encuentran un valor promedio de 4.6% para la tasa de interés de largo plazo.

(el segundo más grande), se destaca una disminución significativa en su participación a través del tiempo; lo cual ha llevado a que se incremente la proporción de la población con niveles educativos superiores al de secundaria, en particular con grandes aumentos en los niveles de superior incompleta y postgrado. En lo que refiere a los grupos de edad, se observa un envejecimiento paulatino en la población ocupada.

Tabla 1.

Participación de la población ocupada.

	Porcentaje								
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Sexo									
Mujer	40,22	41,23	41,49	41,21	41,04	41,10	42,12	41,45	40,53
Hombre	59,78	58,77	58,51	58,79	58,96	58,90	57,88	58,55	59,47
Nivel Educativo									
Primaria	40,81	40,06	39,70	38,37	37,23	36,35	32,88	34,27	34,58
Secundaria	43,39	43,22	42,65	43,17	43,42	43,42	43,99	42,49	43,63
Superior Incompleta	6,30	6,32	7,05	7,40	7,87	9,11	11,35	11,26	11,19
Pregrado	7,07	7,29	7,26	7,88	8,12	7,52	7,44	7,68	6,62
Postgrado	2,43	3,10	3,33	3,17	3,35	3,61	4,33	4,30	3,99
Grupo de Edad									
15-34	49,24	48,40	47,90	46,92	46,18	45,39	44,89	43,91	45,59
35-50	38,21	38,68	38,79	39,52	39,80	39,75	39,70	39,96	39,20
51-62	12,55	12,92	13,31	13,56	14,02	14,87	15,41	16,13	15,21

Fuente: GEIH 2001 - 2009. Cálculos propios.

En cuanto a la probabilidad de matrícula escolar, se definió como la posibilidad de que un individuo alcance un nivel educativo más alto. Su cálculo se llevó a cabo como la proporción de personas de sexo s de edad a con nivel educativo e que están estudiando para lograr un nivel educativo $e + 1$ (Gu y Wong, 2010). La Tabla 2, muestra un resumen descriptivo de la participación de matrícula escolar.

Tabla 2.

Probabilidad de matrícula.

Porcentaje

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
General	6,39	5,94	6,11	5,38	5,64	6,09	7,44	7,33	7,88
Sexo									
Mujer	6,95	6,52	6,53	5,95	6,32	6,99	8,61	8,41	8,89
Hombre	5,95	5,48	5,79	4,95	5,13	5,40	6,50	6,47	7,08
Nivel Educativo									
Primaria	0,67	0,68	0,64	0,66	0,69	0,94	1,20	1,25	1,51
Secundaria	5,44	4,91	5,03	4,72	4,73	4,96	5,97	5,89	6,66
Superior Incompleta	37,01	33,79	32,74	29,25	29,20	25,90	25,05	25,75	26,83
Pregrado	4,56	4,30	4,02	3,12	3,51	5,03	6,90	5,64	5,74
Postgrado	11,17	9,39	9,60	8,39	9,95	10,32	12,42	11,23	12,68
Grupo de Edad									
15-34	11,40	10,82	11,45	10,38	10,93	11,49	13,90	14,00	14,66
35-50	1,89	1,66	1,57	1,24	1,46	1,93	2,59	2,46	2,77
51-62	0,48	0,46	0,35	0,29	0,41	0,75	0,96	0,90	1,20

Fuente: GEIH 2001-2009. Cálculos propios.

Como se puede observar, la proporción de personas matriculadas en general aumentó a lo largo del periodo de estudio. Por géneros se puede ver que las mujeres tienen una mayor participación de matrícula que los hombres, mientras que por niveles educativos, es de resaltar el incremento en cada uno de ellos menos para el nivel de superior incompleta, lo cual sugiere una redistribución de la población que se encuentra estudiando. Por grupos de edad, se presenta un comportamiento esperado, para todos los rangos de edad.

Los ingresos de los individuos tomados de la GEIH fueron los reportados como los de la primera actividad, que son aquellos pertenecientes a la principal fuente de ingresos que poseen las personas encuestadas. Así mismo, a partir de estas encuestas, se construyeron imputaciones salariales para aquellos individuos que no reportan ingresos dentro de la encuesta. Para ello, se utiliza una ecuación de Mincer básica definida como:

$$\ln(y) = \alpha + \beta.e + \gamma.x + \delta.x^2 + u$$

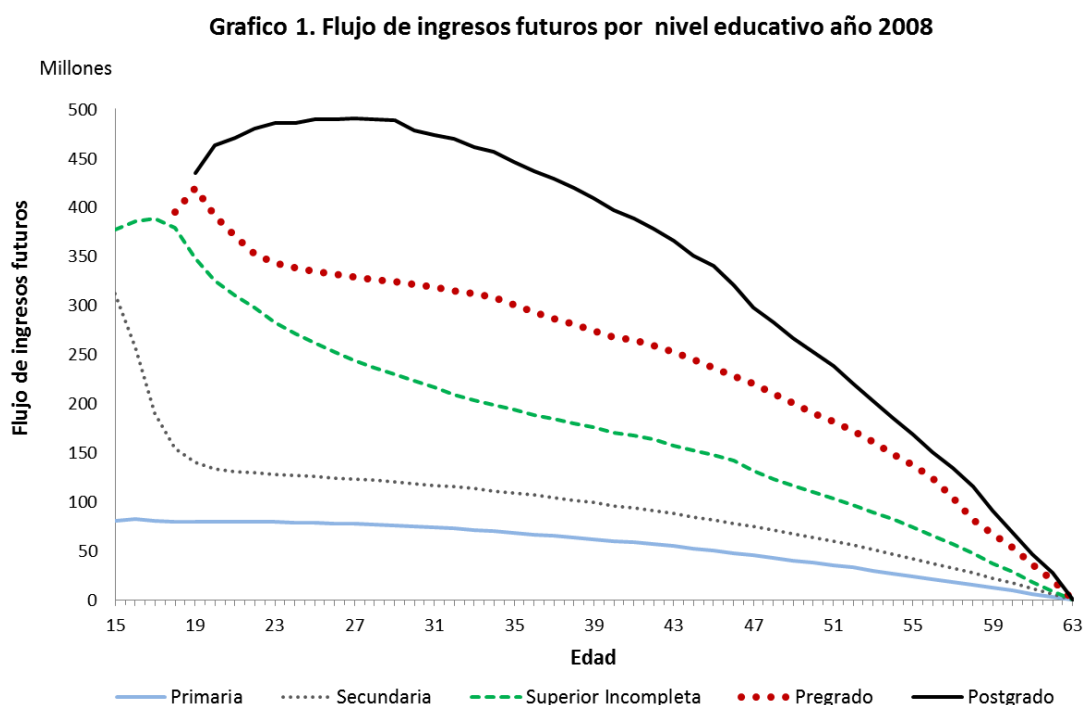
Donde x representa la experiencia potencial del individuo.

De esta estimación se puede derivar el comportamiento del perfil salarial para cada uno de los individuos cuando varía la experiencia²⁰.

²⁰ Debido a la existencia de datos faltantes en las observaciones de las encuestas, es usual utilizar métodos de imputación para obtener así un conjunto de datos transversales completos. Por tanto, la forma de ajustar la imputación de datos para los salarios faltantes en este trabajo será mediante **Hot Deck Imputation**, que es un método de imputación de datos para manejar información faltante, en el cual cada valor faltante es remplazado por la respuesta observada de una unidad similar. Su

B. Stock de Capital Humano

El stock de capital humano agregado es la suma de los flujos de ingreso futuro, traído a valor presente, de todos los individuos ocupados entre 15 y 62 años de la economía colombiana, diferenciando por sexo, edad y nivel educativo. Así, en el grafico 1 se muestra el flujo de ingresos futuro promedio por nivel educativo para el año 2008.



Fuente: Cálculos propios con datos de la GEIH 2008.

Como se aprecia, el flujo de ingresos vitales presentado en esta grafica evidencia que entre más alto sea el nivel educativo más alta estará su curva, lo cual muestra que las personas con mayor educación obtienen mayor riqueza. De igual forma, se nota incremento en algunos flujos de ingreso futuros vitales para los 3 niveles educativos superiores y luego decrecen de forma estable. Esto se explica porque el tiempo dedicado a alcanzar niveles educativos superiores pospone para edades posteriores las ganancias de mayor calificación (Le *et al*, 2005). Igualmente, para los niveles educativos bajos (primaria y secundaria) se presenta un flujo de ingresos plano en comparación a los más altos, dando a entender que los beneficios de la educación a través de la experiencia son más altos para las personas ocupadas que alcanzan mayores niveles educativos (Coremberg, 2010)²¹. Cabe añadir que el comportamiento de la gráfica 1 es semejante para el resto de los años de análisis (es

fortaleza es que imputa datos reales (y por ende realísticos) y evita fuertes supuestos paramétricos que pueden llevar a sesgos en la información. En la práctica es altamente usado, incluyendo el Current Population Survey (CPS) del Census Bureau de Estados Unidos, entre otros. Para mayores detalles véase Andridge y Little (2010).

²¹ Esto se evidencia en la teoría de Mincer (1974).

decir, 2001 – 2009) y el patrón de los flujos de ingresos vitales es similar al mostrado en muchos trabajos internacionales²².

Por otra parte, al tomar el agregado de los flujos de ingreso futuros vitales para todos los individuos, se obtiene el valor del capital humano para la población ocupada entre 15 y 62 años. La tabla 3 contienen los resultados del stock agregado de capital humano en términos nominales y reales. Éste último fue calculado utilizando el índice de volumen de Divisia para el stock agregado tal como se explicó en la sección II. Además se presenta su respectivo índice de precios de Divisia tomando a 2001 como año base.

Tabla 3.

Stock de Capital Humano Agregado

Billones de pesos

Año	Stock Nominal de Capital Humano	Stock Real de Capital Humano (Año base 2001)	Indice de Precios
2001	927,1	927,1	1,00
2002	985,4	949,8	1,04
2003	1079,9	1002,6	1,08
2004	1189,4	1012,5	1,17
2005	1466,9	1057,0	1,39
2006	1704,3	1057,3	1,61
2007	2019,8	1127,8	1,79
2008	2051,8	1134,4	1,81
2009	2635,2	1194,1	2,21

Cálculos propios.

Asimismo, el stock agregado de capital humano se puede dividir en dos componentes, primero el capital humano por trabajador, el cual es el valor promedio del flujo de ingresos vitales para cada uno de los individuos de la población, y segundo la población total objeto de estudio. La tabla 4 resume estos valores.

²² Por ejemplo, observar Liu y Grecker (2009), Coremberg (2010), Le *et al* (2005) y Mira y Liu (2010). En este último, en especial, hace una comparación de varios países de la OCDE referente al comportamiento del capital humano y el flujo de ingresos futuros.

Tabla 4.

Descomposición de Capital Humano

Millones de pesos

Año	Capital Humano por trabajador Nominal	Capital Humano		Población Ocupada
		por trabajador Real (Año base 2001)		
2001	64,0	64,0		14493721
2002	67,4	65,0		14615266
2003	70,7	65,7		15265320
2004	77,8	66,2		15284396
2005	93,1	67,1		15760219
2006	108,6	67,4		15693965
2007	125,9	70,3		16048432
2008	126,1	69,7		16276155
2009	152,9	69,3		17231970

Cálculos propios.

Según los datos de la tabla anterior, se puede observar un valor de capital humano por trabajador para los diferentes años en términos nominales y reales bastante bajo, en comparación a otros países²³. Cabe anotar que para 2008 y 2009 el capital humano por trabajador en términos reales disminuye, mientras que la población ocupada tiende a aumentar²⁴. Tal como el stock de capital humano, su tasa de crecimiento se puede descomponer en estos dos elementos, como lo presenta la tabla 5.

Tabla 5.

Descomposición de la Tasa de Crecimiento del Capital Humano

Porcentaje

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Stock de Capital Humano	2,45	5,56	0,99	4,39	0,03	6,66	0,58	5,26
Capital Humano por trabajador	1,60	1,07	0,86	1,24	0,45	4,31	-0,82	-0,58
Población Ocupada	0,84	4,45	0,12	3,11	-0,42	2,26	1,42	5,87

Cálculos propios.

²³ Li et al (2009) hace comparaciones con otros países del stock de capital humano per cápita y agregado para China, encontrando que su stock agregado es el segundo más grande del mundo, pero el per cápita es el más bajo de todos en términos nominales, alcanzando un valor de US\$ 54.213 en 2007. Para el caso colombiano, usando una tasa de cambio promedio anual de \$2078/US\$ en 2007, se obtiene un valor del capital humano por trabajador de US\$ 60.556, lo cual muestra que está cercano al de China, evidenciando es bajo.

²⁴ Vale aclarar que la población ocupada mostrada en la tabla 4 no es igual a la reportada por el DANE. Las razones de esto son, primero que la estimación realizada en este trabajo toma un grupo de personas que no es el total de la población ocupada de la economía del país, y segundo se suprimió las personas que no reportaban años de educación en la encuesta.

Durante el periodo de análisis, el capital humano agregado en términos reales creció a una tasa promedio de 3.24%, mientras que por trabajador lo hizo al 1.02% y la población ocupada aumentó al 2.21%. Como se puede apreciar, el stock agregado de capital humano en términos reales presenta grosso modo una tendencia creciente para los años de análisis, con excepción de 2006 que muestra un aumento casi nulo, pues si bien el cambio en el flujo de ingresos futuros para los individuos fue apenas positivo, este aumentó en una proporción levemente superior a la disminución en la población ocupada, siendo esta la única presente para todo el periodo. En lo concerniente al capital humano por trabajador, este sigue una tendencia creciente hasta 2007 y si bien tanto en 2008 como en 2009 decrece, el aumento en la población ocupada es suficiente para compensar este efecto negativo. Bajo la hipótesis de Jones (2010), lo anterior podría sugerir que en épocas de crisis, el ritmo de crecimiento del capital humano tiende a disminuir²⁵. No obstante, se requiere validar empíricamente esta hipótesis bajo un periodo de estudio más amplio, el cual permita observar el efecto de una verdadera crisis en Colombia sobre el comportamiento del capital humano como lo fue la depresión de 1999.

La tabla 6 presenta el stock agregado de capital humano a través de sus componentes demográficos en términos reales.

Tabla 6.
Desagregación del Stock de Capital Humano Real

Billones de pesos

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Total	927,1	949,8	1002,6	1012,5	1057,0	1057,3	1127,8	1134,4	1194,1
Sexo									
Mujer	363,3	386,0	404,5	415,8	424,4	419,6	458,7	446,4	392,2
Hombre	563,7	563,7	598,2	596,7	632,6	637,7	669,1	688,0	801,8
Nivel Educativo									
Primaria	176,5	180,2	191,8	181,0	175,2	172,1	154,3	173,7	191,7
Secundaria	402,6	399,3	413,6	414,4	426,5	415,8	434,2	425,0	492,3
Superior Incompleta	125,1	122,0	138,4	144,2	161,7	188,2	225,2	216,0	221,1
Pregrado	146,3	151,6	157,0	171,0	189,3	172,2	176,1	182,2	159,2
Postgrado	76,6	96,7	101,9	101,9	104,3	109,1	137,9	137,5	129,9
Grupos de Edad									
15 - 34	555,1	562,8	593,0	580,1	608,9	611,7	658,4	662,8	682,8
35 - 50	332,2	342,9	362,4	378,0	391,7	386,1	405,4	403,6	427,7
51 - 62	39,7	44,0	47,2	54,4	56,4	59,5	64,0	67,9	83,6

Cálculos propios.

La participación de los hombres en el stock agregado es superior en proporción a las mujeres, siendo una tendencia que se mantiene y tiende a incrementarse en los últimos años. Así, el valor de mercado estimado del capital humano en términos reales de las mujeres fue entre 64%-70% del estimado para los hombres, con excepción de 2009 el cual

²⁵ Según algunos expertos, una economía está sobre su senda de desarrollo sostenible si el total de su capital per cápita no decrece (Arrow et al, 2007; UNECE, 2009).

representó solo el 49%, y en total fue un 65% en promedio durante todo el periodo²⁶. Con respecto a los niveles educativos, el mayor aporte del stock agregado real se concentra en Secundaria durante todos los años; no obstante, es de resaltar el aumento observado en el nivel de Superior Incompleta y Postgrado (77% y 70% respectivamente). Cabe mencionar que el stock de capital humano se encuentra concentrado en la población más joven, pues es de esperar que al tener relativamente más años de trabajo restantes y la posibilidad de acumular un mayor flujo de ingresos futuros, logra compensar el efecto de tener menores salarios en comparación a la población relativamente más vieja.

Es importante resaltar que al comparar la tabla 1 con la tabla 6, cabe preguntarse qué proporción de la población ocupada en cada una de las categorías demográficas concentra el mayor porcentaje del stock real de capital humano. Por ejemplo, se puede ver al analizar el capital humano entre hombres y mujeres que los primeros representan en promedio el 58.8% de los ocupados y poseen en promedio el 60.7% del stock agregado, dejando el resto a las mujeres, lo que evidencia que al observar el capital humano por sexo, los hombres que representan la mayor parte de la población ocupada, concentran el mayor porcentaje del stock agregado. Resultados similares se hallan al comparar los diferentes grupos de edad. Por tanto, al analizar las categorías de género y grupos de edad, se concluye que aquellos subgrupos que mayor población ocupada poseen, son los que concentra más capital humano.

En lo que respecta a la distribución del capital humano según el nivel educativo, no se cumple lo anterior, puesto que el nivel educativo de primaria que comprende en promedio el 37.1% de la población ocupada, solo representa el 17% del stock de capital humano, mientras que los niveles de superior incompleta y postgrado, los cuales representan el 8.6% y el 3.5% de los ocupados respectivamente, aportan el 16.1% y el 10.5% del mismo. Así, se puede concluir que al mejorar los niveles educativos en la población se incrementa el flujo de ingresos laborales vitales para los individuos y por ende el stock agregado de la economía para los años futuros²⁷.

Por otra parte, al analizar las contribuciones por sexo, edad y nivel educativo a la tasa de crecimiento del stock de capital humano se pueden observar algunos resultados más desagregados, así, la tabla 7 da cuenta de ello.

²⁶ Jones (2010) presenta resultados similares al respecto en su estimación para Reino Unido en el periodo 2001 – 2009.

²⁷ Gu y Wong (2010) argumentan algo diferente en este aspecto, puesto que en su estimación para Canadá concluyen que el incremento en el nivel educativo fue compensado por el envejecimiento poblacional después de los años 80; por lo cual, lo que llevaría a aumentar el capital humano es el incremento de la población joven que reemplace a los “babyboomers”.

Tabla 7.

Contribuciones a la Tasa de Crecimiento del Capital Humano

Porcentaje

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Total	2,45	5,56	0,99	4,39	0,03	6,66	0,58	5,26
Sexo								
Mujer	2,14	2,43	0,07	1,96	0,37	4,00	-0,20	0,56
Hombre	0,30	3,06	0,91	2,38	-0,33	2,56	0,79	4,67
Nivel Educativo								
Primaria	-0,31	0,47	-0,76	-0,11	-0,68	-1,50	0,72	1,32
Secundaria	-0,02	1,16	0,32	1,27	-0,49	0,84	-0,95	4,07
Superior Incompleta	0,11	2,05	0,62	1,31	2,23	4,54	0,45	1,17
Pregrado	0,45	0,70	1,25	1,04	-1,46	0,19	0,51	-1,20
Postgrado	2,21	1,07	-0,43	0,82	0,47	2,52	-0,08	-0,14
Grupos de Edad								
15 - 34	0,87	2,98	-0,27	2,13	-0,06	3,72	-0,02	4,76
35 - 50	1,00	2,16	1,00	1,73	-0,42	2,30	0,29	0,64
51 - 62	0,55	0,34	0,26	0,48	0,52	0,52	0,37	-0,16

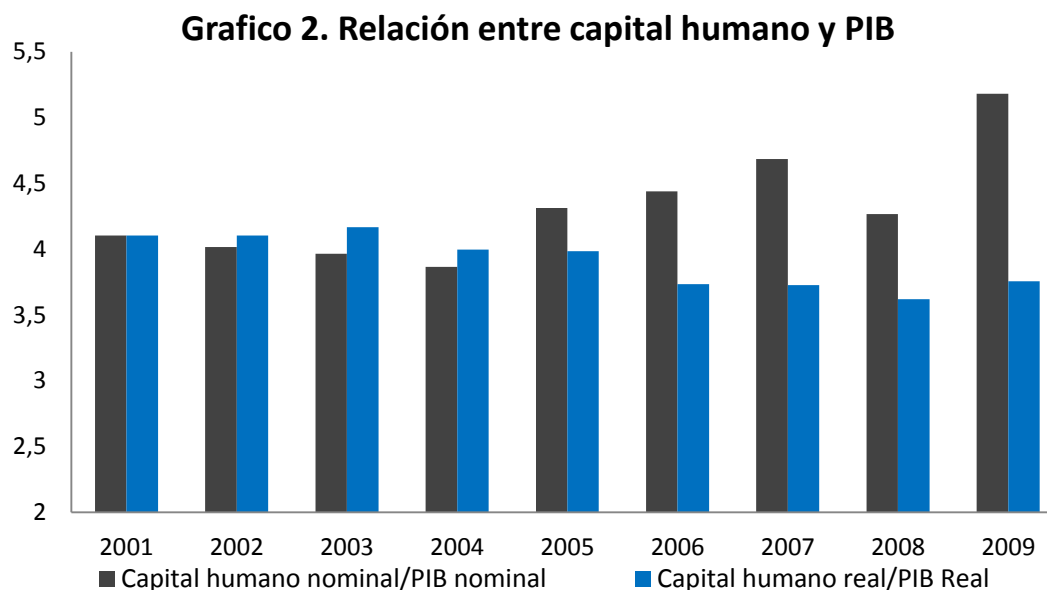
Cálculos propios.

Al observar las contribuciones por sexo, se resalta que las mujeres contribuyen más al crecimiento del capital humano en los años 2002, 2006 y 2007, mientras que los hombres tienen mayor influencia para el resto de años en el periodo de estudio. Cabe añadir que durante el periodo se puede observar contribuciones positivas a la tasa de crecimiento por parte de las mujeres, a excepción del año 2008. Asimismo, se puede notar que en los años en que hay altas tasas de crecimiento, la contribución de los hombres es mayor al de las mujeres con excepción de 2007. De tal forma, la contribución al crecimiento del stock agregado de capital humano por parte de mujeres y hombres durante todo el periodo fue en promedio 1.42% y 1.79% respectivamente.

Cuando se observa el comportamiento de los aportes hechos por nivel educativo, es de resaltar que en la mayoría de años, la contribución de las personas en primaria fue negativa, a tal punto que en promedio su aporte es de -0.11%. Para el resto de niveles educativos, sus contribuciones en general son positivas para todos los años, siendo la de superior incompleta la más alta en los 9 años con un promedio de 1.56%.

Finalmente, al mirar los grupos de edad, se puede observar que en general los dos primeros explican un gran porcentaje de la tasa de crecimiento, lo que da a entender que las personas con edad entre 15 y 34 años son los que menos contribuyen al crecimiento del capital humano. La razón de lo anterior es porque, bajo la metodología Jorgenson – Fraumeni, el flujo de ingresos vitales para este grupo de edad es menor que el de los otros dos grupos, puesto que su periodo de vida laboral es más corto y los rendimientos marginales decrecientes del salario son más pronunciados para estas personas; y aun teniendo una alta tasa de crecimiento, su participación en el stock agregado es relativamente baja. De igual forma, en los periodos en los que la tasa de crecimiento es más alta, el grupo de edad que más aporta es el de 15 a 34 años con una contribución promedio de 1.76%.

Finalmente, al comparar el valor del stock agregado de capital humano con el PIB, se observa en el gráfico 2 una tendencia creciente en la relación de estas dos variables en términos nominales, y un comportamiento levemente descendente en términos reales, aunque en todos los casos esta proporción es superior a 1, siendo en promedio de 4.3 para la relación nominal y 3.9 para la relación real. La evidencia internacional respalda dicha relación y en todos los países se ha encontrado este comportamiento; por ejemplo el valor del capital humano de Estados Unidos es 15 veces su PIB en 2006 (Christian, 2009) y el de Argentina es de 4.53 en 2004 (Coremberg, 2010)²⁸.



Fuente: Cálculos propios y DANE.

C. Inversión en el Capital Humano

El cambio en el stock agregado de capital humano, tanto en términos nominales como reales, se puede dividir en tres componentes, inversión bruta, depreciación y revaluación. La tabla 8 muestra la inversión nominal y sus componentes para los años 2002-2009.

²⁸ Es importante aclarar que las estimaciones realizadas en la mayoría de trabajos internacionales la población objetivo de los estudios es la PEA, un grupo mayor al utilizado en este trabajo.

Tabla 8.
Componentes de la Inversión Nominal Billones de Pesos

Año	Total Inversión Bruta	Total Depreciación	Total Revaluación	Total Inversión Neta
2001				
2002	64,53	41,68	35,46	58,31
2003	101,89	45,51	38,21	94,59
2004	62,30	50,31	97,47	109,45
2005	124,45	62,82	215,91	277,54
2006	80,91	80,54	236,93	237,31
2007	212,94	89,63	192,25	315,56
2008	112,60	98,54	17,90	31,97
2009	246,13	112,63	449,88	583,37

Cálculos propios.

Se puede apreciar que la inversión nominal tiene una tendencia creciente en estos años. Al observar sus componentes se puede notar que la inversión bruta es bastante volátil pues no es posible identificar un patrón regular en su comportamiento. En relación a la depreciación, se hace claro su tendencia creciente, mientras que la revaluación crece pero tiene cambios abruptos en 2005, 2008 y 2009.

En cuanto a la inversión real, y sus componentes, la tabla 9 resume los resultados.

Tabla 9.
Componentes de la Inversión Real (Año base 2001) Billones de Pesos

Año	Total Inversión Bruta	Total Depreciación	Total Revaluación	Total Inversión Neta
2001				
2002	62,20	40,18	0,69	22,71
2003	94,59	42,25	0,51	52,86
2004	53,03	42,83	-0,28	9,92
2005	89,67	45,26	0,05	44,46
2006	50,20	49,97	0,10	0,34
2007	118,90	50,05	1,61	70,47
2008	62,26	54,48	-1,18	6,60
2009	111,53	51,04	-0,82	59,67

Cálculos propios.

Para estimar los componentes de la inversión real, se utilizó la ecuación (8.3) deflactando con el correspondiente índice de precios de Divisia los flujos de ingreso futuro por género, edad y nivel educativo. En primer lugar, es fácil notar que la revaluación del capital

humano tuvo cambios drásticos en relación a su valor nominal. Así, este componente se suavizó a través de los años, siendo el menos representativo a la hora de considerar los cambios en el stock agregado de capital humano. En segundo lugar, la depreciación real sigue presentando una tendencia creciente y bastante estable, tal como sucede con su valor en términos nominales. En tercer lugar, la inversión bruta real sigue siendo el componente que más variación presenta, sin embargo, sus cambios son más suaves que en sus valores nominales. Todo lo anterior refleja, en especial la revaluación, que al obtener las estimaciones en términos reales se evidencia una alta influencia del índice de precios en los valores nominales de los flujos laborales vitales.

En la inversión real neta se aprecia un alto grado de variabilidad en sus valores. Al observar sus componentes, se puede decir que esta varía poco por efecto de la revaluación, pues es casi insignificante para todo el periodo. Igualmente, la depreciación real es un componente importante, pero este es lo suficientemente estable para explicar las variaciones del stock agregado de capital humano. Así, el principal factor de variación de la inversión real neta es la inversión real bruta, por lo que su comportamiento estará explicado en gran medida por los cambios en este componente. Así la tabla 10 representa para los años 2002 – 2009 la proporción de cada uno de estos componentes en relación al stock real agregado del respectivo año.

Tabla 10.**Proporción de Inversión Real en relación al Capital Humano**

Porcentaje

Año	Tasa de Inversión Bruta	Tasa de Depreciación	Tasa de Revaluación	Tasa de Inversión Neta
2001				
2002	6,55	4,23	0,07	2,39
2003	9,43	4,21	0,05	5,27
2004	5,24	4,23	-0,03	0,98
2005	8,48	4,28	0,00	4,21
2006	4,75	4,73	0,01	0,03
2007	10,54	4,44	0,14	6,25
2008	5,49	4,80	-0,10	0,58
2009	9,34	4,27	-0,07	5,00

Cálculos propios.

Como se observa, las tasas de revaluación y depreciación no varían sustancialmente durante los años, a diferencia de lo que sucede con la tasa de inversión bruta; la cual es responsable de los cambios generados en la tasa de inversión neta. Igualmente, los valores promedios para la tasa de inversión bruta, depreciación y revaluación son 7.48%, 4.4% y 0.01%

respectivamente; generando una tasa promedio de inversión neta del 3.09% para estos años²⁹.

D. Análisis de sensibilidad

Hasta ahora los valores calculados han mantenido el supuesto de tasas constantes para la tasa de crecimiento de los salarios y la tasa de descuento; los cuales son del 2.3% y 4.8% respectivamente. Sin embargo, una pregunta interesante es cuál sería el cambio que produciría el alterar estas tasas. Esto último es lo que se conoce en la literatura como análisis de sensibilidad, el cual se resume en la tabla 11.

Tabla 11.

Análisis de sensibilidad sobre las estimaciones del stock agregado de capital humano

	Stock Nominal de Capital Humano		Aumento índice cantidades capital humano		Crecimiento índice de precios capital humano	
	2008	Variación respecto a línea base	Crecimiento anual, 01-09	Diferencia con la línea base	Crecimiento anual, 01-09	Diferencia con la línea base
	Billones de pesos	Porcentaje	Porcentaje		Porcentaje	
Línea base con 2,3% tasa de crecimiento salario real y 4,8% tasa real de descuento	2051,78	...	3,24	...	10,63	...
Cambios en la tasa de crecimiento real del salario con 4,8% tasa real de descuento						
1,3% tasa de crecimiento real del salario	1835,97	-10,52	3,25	0,01	10,49	-0,14
3,3% tasa de crecimiento real del salario	2312,18	12,69	3,23	-0,01	10,78	0,15
Cambios en la tasa real de descuento con 2,3% tasa de crecimiento salario real						
3,8% tasa real de descuento	2308,08	12,49	3,23	-0,01	10,78	0,15
5,8% tasa real de descuento	1842,56	-10,20	3,25	0,01	10,49	-0,14

Cálculos propios.

Así, la primera columna hace referencia al stock de capital humano nominal de 2008, y solo se hizo el análisis para este año puesto que el resto de ellos presentan comportamientos similares, mientras que la segunda columna hace referencia a cuál es la variación porcentual del valor estimado con las nuevas tasas en relación al valor de línea base. La tercera columna muestra el crecimiento anual promedio durante el periodo de estudio, y la cuarta es la diferencia entre la tasa de crecimiento del stock de línea base y la estimada con el cambio de las nuevos valores. Las dos columnas restantes se refieren al comportamiento del índice de nivel de precios.

²⁹Posada y Rojas (2008) utilizan una tasa de depreciación igual a 4.92% para llevar a cabo la estimación del acervo de capital físico para el periodo 1925 – 2000. Igualmente, GRECO (2002) usa una tasa de depreciación de 2.71% para su estimación de capital físico entre 1950 y 1999. La tasa de depreciación de capital humano que se calculó, se encuentra entre estos dos valores, lo que podría sugerir que para periodos de análisis más largos esta tasa puede mantenerse en este intervalo.

En general se encuentra que los valores nominales son altamente sensibles tanto a cambios en la tasa de crecimiento de los salarios como de la tasa de descuento³⁰. Se observa que un incremento de un 1% en la tasa de crecimiento de los salarios o de reducción de la tasa de descuento llevan a un aumento del 12.69% y 12.49% del stock nominal de capital humano respectivamente. Igualmente, un incremento del 1% en la tasa de descuento o de reducción en la tasa de crecimiento de los salarios, llevaría a disminuir el capital humano en términos nominales en un 10.2% y 10.52% respectivamente. Finalmente, las tasas de crecimiento se mantienen estables tanto para el índice de cantidades como el de precios, mostrando resistencia a los cambios en estas tasas³¹.

IV. Conclusiones

Es este trabajo se llevó a cabo la medición del capital humano por medio de la metodología de Jorgenson y Fraumeni (1989, 1992) para la población ocupada de la economía colombiana entre los 15 y 62 años para el periodo 2001-2009. Las estimaciones realizadas encuentran que la tasa de crecimiento del capital humano en términos reales fue del 3.24% promedio anual, un valor inferior al del PIB real el cual creció a un 4.38% para el periodo 2001 – 2009. Igualmente se encuentra que este crecimiento fue impulsado en general por el incremento de las personas ocupadas, aportando 2.17% a ello. Asimismo se observa una contribución más alta a la tasa de crecimiento por parte de los hombres al stock agregado, pero las mujeres aportan más en los periodos de alto crecimiento. Al observar la dinámica por nivel educativo, se tiene que es el de superior incompleta el que más contribuye a la tasa de crecimiento global, mientras que por edades se pudo concluir que son las personas más jóvenes las que más aportan al incremento del stock de capital humano agregado. Se encuentra además, que los hombres y las personas jóvenes son quienes más concentran parte del capital humano y a su vez representan la mayoría de la población ocupada y lo mismo ocurre con las personas en el nivel educativo de secundaria.

Sin embargo, se encuentra que a través de estos últimos años las personas en primaria que concentran el 37% de la población ocupada representan solo el 17% del stock agregado del capital humano y grupos con menor participación en el empleo han ganado relevancia en la concentración del mismo; lo cual sugiere que incrementar la participación laboral de las personas con mayor nivel educativo llevaría a aumentos superiores en el capital humano. De igual forma, se mostró que el valor del stock de capital humano es superior al PIB, encontrando que en términos reales esta relación disminuye, mientras que en términos nominales aumenta para el total del periodo.

En cuanto a la inversión, se observan 3 resultados importantes. Primero, en términos nominales la revaluación del capital humano es muy elevada al comparar su valor en términos reales. Segundo, el comportamiento de la depreciación es bastante estable a través del tiempo, tanto en términos reales como nominales. Mientras que la inversión bruta es el componente que en términos reales es más volátil, explicando los cambios abruptos del stock agregado. Todo ello redundo en una tasa de inversión bruta real del 7.48% durante el

³⁰ La evidencia internacional muestra este mismo comportamiento.

³¹ Gu y Wong (2010) encuentran resultados semejantes para estas variables.

periodo, una tasa de depreciación real promedio del 4.44% y una revaluación promedio del 0.1%. Además, se aprecia que las estimaciones son sensibles al cambio en las tasas de descuento y de crecimiento de los salarios en términos nominales, pero las tasas de crecimiento reales no se alteran significativamente ante estos cambios.

Si bien el enfoque de Jorgenson y Fraumeni presenta una metodología sólida para la estimación del valor del stock de capital humano, se hace necesario indicar algunas debilidades presentes en este trabajo. Primero, al considerar solo las actividades de mercado, no se incluye toda la Población en Edad de Trabajar, puesto que el hecho de solo incluir la población ocupada llevaría un sesgo de omisión de personas que pueden estar presentes en el mercado laboral. Segundo, tanto la elección de las tasas descuento y de crecimiento de los salarios, como la edad de retiro de las personas no sigue un criterio establecido en el marco de la metodología utilizada, lo cual puede llevar a subestimaciones o sobrestimaciones del valor de mercado del capital humano. No obstante, en el corazón de la discusión teórica a nivel internacional se espera superar estas dificultades puesto que es generalizada para todas las estimaciones a nivel mundial (Fraumeni, 2011).

Finalmente, es necesario comentar los retos a futuro derivados de este trabajo. Primero, construir un modelo de búsqueda de empleo e incluir el total de la población en edad de trabajar; segundo, refinar el cálculo de las probabilidades de matrícula escolar con el objetivo de captar las transiciones entre los niveles educativos; tercero, llevar a cabo estas estimaciones para periodos anteriores a fin obtener una serie larga que dé cuenta de la dinámica del capital humano. Por último, utilizar las estimaciones del stock agregado para observar el impacto del capital humano en el crecimiento económico.

Apéndice A

Tal como se mencionó en la sección II referente a la metodología, el flujo de ingresos futuros de un individuo en particular se podría resumir en la siguiente ecuación:

$$h_{s,a,e} = y_{s,a,e} + sr_{s,a+1} * \frac{(1+g)}{(1+\rho)} [senr_{s,a+1,e+1} * h_{s,a+1,e+1} + (1 - senr_{s,a+1,e+1}) * h_{s,a+1,e}] \quad (A.1)$$

La expresión (A.1) representa el flujo de ingresos futuros de un individuo de sexo s , edad a y nivel educativo e , tal como fueron definidos en la sección II y III. Esta ecuación quiere decir que el flujo de ingresos futuro de una persona con unas características dadas, sexo, edad y nivel educativo es igual a su ingreso laboral anual más el valor presente esperado de su ingreso vital en el próximo periodo de vida, el cual depende de una probabilidad de matrícula ($senr_{s,a,e+1}$) y por tanto es un promedio ponderado del ingreso vital esperado que recibiría con un año más de edad de acuerdo a la probabilidad de alcanzar un año adicional de educación. Para llevar a cabo la aplicación de esta ecuación se procedió de forma recursiva hacia atrás para calcular el ingreso vital para cada edad.

Por ejemplo, el flujo de ingresos futuros vitales para un individuo de sexo y nivel educativos dados y 62 años de edad, en este estudio en particular, es simplemente el ingreso que recibe en el año, puesto que no acumula más ingresos durante su vida pues se supone que los ingresos vitales de una persona con 63 años es igual a 0. Mientras que el flujo de ingresos vitales de un individuo con 61 años de edad es igual a su ingreso laboral más el valor presente ponderado de los ingresos futuros descontados de un individuo con 62 años. Este procedimiento puede seguir para el resto de edades.

Una forma simple de ilustrar lo anterior se presenta a continuación. Supongamos por simplicidad un individuo que no busca estar matriculado el siguiente periodo para obtener un nivel educativo más alto, con lo cual $senr_{s,a,e+1} = 0$. Ahora bien, supongamos que el individuo tiene 62 años, sexo s y nivel educativo e ; y como este no acumula más ingresos, puesto que a los 63 años alcanza su edad de retiro, tenemos que el flujo de ingresos futuros de esta persona sería igual a:

$$h_{s,62,e} = y_{s,62,e} \quad (A.2)$$

De igual forma, un individuo de 61 años recibe un ingreso anual de $y_{s,61,e}$, y para el siguiente periodo, cuando su edad sea un año superior, recibirá un ingreso esperado de $y_{s,62,e}$; el cual es incrementado por el crecimiento real de los salarios, traído a valor presente usando la tasa de descuento, y este valor multiplicado por la probabilidad de que el individuo sobreviva un año adicional, es decir que viva por un año más. Así, el flujo de ingresos de una persona de sexo s , nivel educativo e y 61 años de edad se puede resumir como:

$$h_{s,61,e} = y_{s,61,e} + sr_{s,62} * \frac{(1+g)}{(1+\rho)} * y_{s,62,e} \quad (A.3)$$

Pero reemplazando la ecuación (A.2) en la expresión anterior, tenemos que:

$$h_{s,61,e} = y_{s,61,e} + sr_{s,62} * \frac{(1+g)}{(1+\rho)} * h_{s,62,e} \quad (A.3.1)$$

Y así sucesivamente para $a = (60, 59, 58, \dots, 15)$. Igualmente este procedimiento se puede generalizar para los individuos que tienen probabilidad de matrícula mayor a cero.

Apéndice B

A la luz de lo expuesto en la sección II, en lo que respecta al valor del stock de capital humano estimado bajo la metodología de Jorgenson y Fraumeni se ha recomendado usar el Índice de volumen de Divisia para hallar la tasa de crecimiento real de este (Fraumeni, 2011).

Acorde a las recomendaciones realizadas por Sistema de Cuentas Nacionales, cuando se pretende medir los cambios efectivos en precios o volúmenes, los índices deben eslabonarse únicamente entre periodos consecutivos de tiempo ya que permiten obtener mejores comparaciones. Uno de estos índices teóricos es el de Divisia, el cual cuenta con una aproximación discreta conocida como Índice de Tornqvist. De esta forma, las principales ventajas que poseen los índices encadenados son:

Primero, al encadenar los componentes de volumen y precio, permiten incluir nuevas bases de comparación para cada periodo, con lo cual se reduce el sesgo de sustitución asociados a bases de comparación fijas; esto se presenta por ejemplo con la sustitución que realizan los consumidores entre los productos nuevos que se introducen al mercado y los que conforman una canasta fija de comparación, como la usada normalmente para la construcción del IPC que suele ser calculado con un índice directo. Segundo, la existencia de ponderaciones variables que se actualizan en cada periodo permite dar cuenta de la dinámica real de los fenómenos económicos y representar así una medición más adecuada para captar las variaciones efectivas en precios o volúmenes.

Además, el índice de Divisia, presenta ciertas propiedades particulares que son ventajas en comparación con otros índices:

Primero, al ser el índice de Divisia un índice teórico el cual surge como un instrumento subyacente a un planteamiento desde el punto de vista de la teoría económica (como lo es la minimización de costos de una firma o la maximización de la utilidad de un consumidor), es un índice consistente desde lo empírico pues es la mejor aproximación teórica a los cambios en precios y volúmenes. Segundo, por ser un índice simétrico, desde el punto de vista teórico, atribuye igual importancia a los dos periodos consecutivos en consideración. Tercero, al ser un índice superlativo, es consistente con un conjunto más flexible de formas

funcionales. Asimismo, este tipo de índices tiene una alta probabilidad de aproximarse muy bien a los índices teóricos ideales. Además, según la SCN93: “El índice de Tornqvist se utiliza corrientemente para medir variaciones de volumen con el propósito de utilizarlas en las mediciones de productividad” (Erro y Olinto, 2006).

Ahora bien, este índice no está exento de limitaciones, por lo que presenta algunas desventajas. Primero, se trata de un índice que no es aditivo, por lo que dificulta la consistencia de un esquema de cuentas económicas con un alto nivel de agregación; y segundo, exige una gran cantidad de datos debido a que se requiere actualizar las canastas de bienes para hacerlas comparables entre periodos consecutivos. Sin embargo, bajo la forma de calcular el capital humano en este trabajo, lo anterior no es un problema, puesto que no se están agregando componentes muy heterogéneos entre si, como sucede en el caso de las cuentas nacionales, además de contar con toda la información requerida para el cálculo. Por ende, el índice dará cuenta de los cambios reales en los componentes de precios y volúmenes del stock agregado de capital humano, siendo el flujo de ingresos futuros el primer componente, mientras que el total de la población ocupada representa el segundo. De esta forma, parece razonable si se desea capturar los cambios reales de tal stock en los periodos de análisis, el índice de Divisia resulta ser el más adecuado en tal caso, puesto que captura los cambios relativos en la población, y permite encadenar estos cambios a través del tiempo.

Por último, para fines prácticos, es posible reescribir el índice de volumen de Divisia de la siguiente forma:

Partiendo de la ecuación presentada en la sección II:

$$\Delta \ln H = \sum_{s,a,e} \bar{v}_{s,a,e} \Delta \ln L_{s,a,e} \quad (B.1)$$

Y recordando un hecho básico sabemos que:

$$\Delta \ln x = \ln x^t - \ln x^{t-1} \quad (B.2)$$

Al tomar exponencial a la ecuación (B.2), y recordando las propiedades de los logaritmos, se tendría:

$$e^{\Delta \ln x} = \frac{x^t}{x^{t-1}} \quad (B.3)$$

Y aplicando el resultado anterior a la ecuación (B.1), obtenemos que el índice de volumen de Divisia puede ser expresado como:

$$\frac{H^t}{H^{t-1}} = \prod_{s,a,e} \left[\frac{L_{s,a,e}^t}{L_{s,a,e}^{t-1}} \right]^{\bar{v}_{s,a,e}} \quad (B.4)$$

Donde el cambio en el índice es presentado como un promedio geométrico en los cambios de las poblaciones por sexo, edad y nivel educativo; ponderados por su respectivo valor promedio del porcentaje que representan dentro del valor total del stock, capturando así los cambios en los valores relativos. Para mayores referencias al respecto, véase Diewert (1976), y Erro y Olinto (2006).

Bibliografía

- ANDRIDGE, Rebecca R. and LITTLE, Roderick J. A. (2010). “A review of hot deck imputation for survey non – response”. *International statistical review*, vol 78, No 1, pp 40 – 64.
- ARELLANO, Soledad and BRAUN, Matias (1999). “Stock de recursos de la economía chilena”. *Cuadernos de Economía*, No 107, Abril 1999, pp 639-684.
- AVSI (2008). *Capital humano, recurso para el desarrollo*, Milan, Itascabili.
- BARRO, Robert and SALA-I-MARTIN, Xavier (2003). *Economic Growth*, McGraw-Hill. Second edition.
- CHRISTIAN, Michael. (2009), “Human Capital Accounting in the United States: 1994 to 2006”, paper presented at the Canadian Economic Association Annual Conference, May 29, pp 6.
- COREMBERG, Ariel. (2010). “The Economic Value of Human Capital and Education in an Unstable Economy: The Case of Argentina”. *International Association for Research in Income and Wealth, Thirty-first General Conference*-St. Gallen, Switzerland, August 22-28, pp 76.
- DAVID, Martin; LITTLE, Roderick J. A; SAMUHEL, Michael E. and TRIEST, Robert K. (1986) “Alternative methods for CPS income imputation”. *Journal of the American statistical association*, vol 81, No. 393, March, pp 29 – 41.
- DIEWERT, W. (1976). “Exact and superlative index numbers”. *Journal of Econometrics*. Vol. 4. No. 2. p. 115–145.
- ERRO, Lourdes y OLINTO, Roberto (2006). “Medidas de volumen recomendadas por el SCN 1993: aplicación de índices encadenados en América Latina”. *Seminario latinoamericano de cuentas nacionales*, Octubre, pp 77.
- FRAUMENI, Barbara (2011). “Human capital accounts: choice of rate and construction of volume indices”. NBER, working paper 16895, March 2011, pp 19.
- FRAUMENI, Barbara. (2000). “The Output of the Education Sector as Determined by Education s Effect on Lifetime Income”. *Workshop on Measuring the Ouput of the Education Sector*. Bureau of Economic Analysis.
- FRAUMENI, Barbara. (2008). “Human capital: From indicators and indexes to accounts”. *Joint OECD – FondazioneGiovannniAgnelli Workshop on the Measurement of Human Capital*. Turin, Italy. November 3–4.
- GIBSON, Jhon; LE, Trinh and OXLEY, les (2003). “Cost- and income-based measures of human capital”, *Journal of economic surveys*, vol. 17, No 3, July 2003, pp 271 – 307.

- GIBSON, Jhon; LE, Trinh and OXLEY, Les (2005).“A forward-looking measure of the stock of human capital in New Zeland”, Universidad de Canterbury.
- GRAHAM, Jhon and WEBB, Roy. (1979) “Stocks and depreciation of human capital: New evidence from a present-value perspective”. Review of Income and Wealth, Vol. 25, No 2, June 1979, pp. 209–224.
- GU, Wulong and WONG, Ambrose (2010).“Estimates of Human Capital in Canada: The Lifetime Income Approach”, Economic Analysis (EA) Research Paper Series.
- JONES, Richard and CHIRIPANHURA, Blessing (2010).“Measuring the UK’s human capital stock”.Economic & labor market review, Palgrave Macmillan Journals, vol. 4, No 11, November, pp 36 – 63.
- JORGENSEN, Dale (2010). “human capital and the national accounts” Survey of current bussines, June, pp 54 – 56
- JORGENSEN, Dale and FRAUMENI, Barbara (1989).“The accumulation of human and nonhuman capital, 1948–84”.In R. Lipsey and H. Tice eds., The Measurement of Saving, Investment and Wealth, Chicago, University of Chicago Press, NBER, pp. 227-282.
- JORGENSEN, Dale and FRAUMENI, Barbara (1992a), “Investment in Education and U.S. Economic Growth,” Scandinavian Journal of Economics, Vol. 94, supplement, pp. 51-70.
- JORGENSEN, Dale and FRAUMENI, Barbara M. (1992b), “The Output of the Education Sector,” in Z. Griliches, T. Breshnahan, M. Manser, and E.Berndteds, The Output of theService Sector, Chicago, NBER, 1992, pp. 303-341.
- KENDRICK, Jhon. (1976). The Formation and Stocks of Total Capital, NBER, Columbia University Press, New York, N.Y.
- LI, Haizheng, et al (2009). “Human Capital in China”.NBER working Paper No 15500, November 2009, 70 pp.
- LIU, Gang and GREAKER, Mads (2009). “Measuring the stock of human capital for Norway, A lifetime labour income approach”. Statistics Norway Research.
- LUCAS, Robert E. (1988). “On the Mechanics of Economic Development”, Journal of Monetary Economics, Vol 22, No 1, February 1988, pp. 3–42.
- MIRA, Marco and LIU, Gang (2010) “The OCDE human capital project: Progress report” International Association for Research in Income and Wealth, Thirty-first General Conference-St. Gallen, Switzerland, August 22-28, pp 16.

- POSADA, Carlos Esteban (1995). “Crecimiento económico, capital humano, ahorro e instituciones”. Borradores semanales de economía, No 20, 46 pp.
- POSADA, Carlos Esteban y ROJAS, Andrea (2008). “El crecimiento económico colombiano: nuevos datos y modelos para interpretar”, Borradores de Economía, No 408, pp. 64.
- RHENALS, Remberto y SALDARRIAGA, Juan Pablo (2007). “Tasa de cambio real y crecimiento económico en Colombia, 1905 – 2006: una exploración inicial”. Perfil de coyuntura económica, No 9, agosto, pp 5 – 19.
- The International Bank for Reconstruction and Development (2006). Where is the Wealth of Nations, Measuring Capital for the 21st century, Washington, DC. World Bank.
- VARGAS, Carmina (2002). Educación y crecimiento en Colombia: una comprobación empírica. Tesis de Maestría en Economía, Universidad Nacional de Colombia.
- WEI, Hui (2009). “A lifetime labour income approach to measuring human capital for Australia”. Australian Bureau of Statistics Research Paper.
- WEI, Hui(2004). “Measuring the Stock of Human Capital for Australia: A Lifetime Labour Income Approach”. Australian Bureau of Statistics Research Paper.
- WEI, Hui(2008). “Measuring Human Capital Flows for Australia: A Lifetime Labour Income Approach”. Australian Bureau of Statistics Research Paper.
- World Bank (1997). Expanding the Measure of Wealth: Indicators of Environmentally Sustainable Development, Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series No. 17, Washington D.C., World Bank.

Borradores del CIE

No.	Título	Autor(es)	Fecha
01	Organismos reguladores del sistema de salud colombiano: conformación, funcionamiento y responsabilidades.	Durfari Velandia Naranjo Jairo Restrepo Zea Sandra Rodríguez Acosta	Agosto de 2002
02	Economía y relaciones sexuales: un modelo económico, su verificación empírica y posibles recomendaciones para disminuir los casos de sida.	Marcela Montoya Múnera Danny García Callejas	Noviembre de 2002
03	Un modelo RSDAIDS para las importaciones de madera de Estados Unidos y sus implicaciones para Colombia	Mauricio Alviar Ramírez Medardo Restrepo Patiño Santiago Gallón Gómez	Noviembre de 2002
04	Determinantes de la deserción estudiantil en la Universidad de Antioquia	Johanna Vásquez Velásquez Elkin Castaño Vélez Santiago Gallón Gómez Karoll Gómez Portilla	Julio de 2003
05	Producción académica en Economía de la Salud en Colombia, 1980-2002	Karem Espinosa Echavarría Jairo Humberto Restrepo Zea Sandra Rodríguez Acosta	Agosto de 2003
06	Las relaciones del desarrollo económico con la geografía y el territorio: una revisión.	Jorge Lotero Contreras	Septiembre de 2003
07	La ética de los estudiantes frente a los exámenes académicos: un problema relacionado con beneficios económicos y probabilidades	Danny García Callejas	Noviembre de 2003
08	Impactos monetarios e institucionales de la deuda pública en Colombia 1840-1890	Angela Milena Rojas R.	Febrero de 2004
09	Institucionalidad e incentivos en la educación básica y media en Colombia	David Fernando Tobón Germán Darío Valencia Danny García Guillermo Pérez Gustavo Adolfo Castillo	Febrero de 2004
10	Selección adversa en el régimen contributivo de salud: el caso de la EPS de Susalud	Johanna Vásquez Velásquez Karoll Gómez Portilla	Marzo de 2004
11	Diseño y experiencia de la regulación en salud en Colombia	Jairo Humberto Restrepo Zea Sandra Rodríguez Acosta	Marzo de 2004
12	Economic Growth, Consumption and Oil Scarcity in Colombia: A Ramsey model, time series and panel data approach	Danny García Callejas	Marzo de 2005
13	La competitividad: aproximación conceptual desde la teoría del crecimiento y la geografía económica	Jorge Lotero Contreras Ana Isabel Moreno Monroy Mauricio Giovanni Valencia Amaya	Mayo de 2005
14	La curva Ambiental de Kuznets para la calidad del agua: un análisis de su validez mediante raíces unitarias y cointegración	Mauricio Alviar Ramírez Catalina Granda Carvajal Luis Guillermo Pérez Puerta Juan Carlos Muñoz Mora Diana Constanza Restrepo Ochoa	Mayo de 2006
15	Integración vertical en el sistema de salud colombiano: Aproximaciones empíricas y análisis de doble marginalización	Jairo Humberto Restrepo Zea John Fernando Lopera Sierra Sandra Rodríguez Acosta	Mayo de 2006
16	Cliometrics: a market account of a scientific community (1957-2005)	Angela Milena Rojas	Septiembre de 2006
17	Regulación ambiental sobre la contaminación vehicular en Colombia: ¿hacia dónde vamos?	David Tobón Orozco Andrés Felipe Sánchez Gandur Maria Victoria Cárdenas Londoño	Septiembre de 2006

18	Biology and Economics: Metaphors that Economists usually take from Biology	Danny García Callejas	Septiembre de 2006
19	Perspectiva Económica sobre la demanda de combustibles en Antioquia	Elizeth Ramos Oyola Maria Victoria Cárdenas Londoño David Tobón Orozco	Septiembre de 2006
20	Caracterización económica del deporte en Antioquia y Colombia: 1998-2001	Ramón Javier Mesa Callejas Rodrigo Arboleda Sierra Ana Milena Olarte Cadavid Carlos Mario Londoño Toro Juan David Gómez Gonzalo Valderrama	Octubre de 2006
21	Impacto Económico de los Juegos Deportivos Departamentales 2004: el caso de Santa Fe De Antioquia	Ramón Javier Mesa Callejas Ana Milena Olarte Cadavid Nini Johana Marín Rodríguez Mauricio A. Hernández Monsalve Rodrigo Arboleda Sierra	Octubre de 2006
22	Diagnóstico del sector deporte, la recreación y la educación física en Antioquia	Ramón Javier Mesa Callejas Rodrigo Arboleda Sierra Juan Francisco Gutiérrez Betancur Mauricio López González Nini Johana Marín Rodríguez Nelson Alveiro Gaviria García	Octubre de 2006
23	Formulación de una política pública para el sector del deporte, la recreación y la educación física en Antioquia	Ramón Javier Mesa Callejas Rodrigo Arboleda Sierra Juan Francisco Gutiérrez Betancur Mauricio López González Nini Johana Marín Rodríguez Nelson Alveiro Gaviria García	Octubre de 2006
24	El efecto de las intervenciones cambiarias: la experiencia colombiana 2004-2006	Mauricio A. Hernández Monsalve Ramón Javier Mesa Callejas	Octubre de 2006
25	Economic policy and institutional change: a contex-specific model for explaining the economic reforms failure in 1970's Colombia	Angela Milena Rojas	Noviembre de 2006
26	Definición teórica y medición del Comercio Intraindustrial	Ana Isabel Moreno M. Héctor Mauricio Posada D	Noviembre de 2006
Borradores Departamento de Economía			
27	Aportes teóricos al debate de la agricultura desde la economía	Marleny Cardona Acevedo Yady Marcela Barrero Amortegui Carlos Felipe Gaviria Garcés Ever Humberto Álvarez Sánchez Juan Carlos Muñoz Mora	Septiembre de 2007
28	Competitiveness of Colombian Departments observed from an Economic geography Perspective	Jorge Lotero Contreras Héctor Mauricio Posada Duque Daniel Valderrama	Abril de 2009
29	La Curva de Engel de los Servicios de Salud En Colombia. Una Aproximación Semiparamétrica	Jorge Barrientos Marín Juan Miguel Gallego Juan Pablo Saldarriaga	Julio de 2009
30	La función reguladora del Estado: ¿qué regular y por qué?: Conceptualización y el caso de Colombia	Jorge Hernán Flórez Acosta	Julio de 2009
31	Evolución y determinantes de las exportaciones industriales regionales: evidencia empírica para Colombia, 1977-2002	Jorge Barrientos Marín Jorge Lotero Contreras	Septiembre de 2009
32	La política ambiental en Colombia: Tasas retributivas y Equilibrios de Nash	Medardo Restrepo Patiño	Octubre de 2009
33	Restricción vehicular y regulación ambiental: el programa “Pico y Placa” en Medellín	David Tobón Orozco Carlos Vasco Correa Blanca Gómez Olivo	Mayo de 2010

34	Corruption, Economic Freedom and Political Freedom in South America: In Pursuit of the missing Link	Danny García Callejas	Agosto de 2010
35	Karl Marx: dinero, capital y crisis	Ghislain Deleplace	Octubre de 2010
36	Democracy and Environmental Quality in Latin America: A Panel System of Equations Approach, 1995-2008	Danny García Callejas	Noviembre de 2010
37	Political competition in dual economies: clientelism in Latin America	Angela M.Rojas Rivera	Febrero de 2011
38	Implicaciones de Forward y Futuros para el Sector Eléctrico Colombiano	Duvan Fernando Torres Gómez Astrid Carolina Arroyave Tangarife	Marzo de 2011
39	Per Capita GDP Convergence in South America, 1960-2007	Danny García Callejas	Mayo de 2011
40	Efectos del salario mínimo sobre el estatus laboral de los jóvenes en Colombia	Yenny Catalina Aguirre Botero	Agosto de 2011
41	Determinantes del margen de intermediación en el sector bancario colombiano para el periodo 2000 – 2010	Perla Escobar Julián Gómez	Septiembre de 2011
42	Tamaño óptimo del gasto público colombiano: una aproximación desde la teoría del crecimiento endógeno	Camilo Alvis Cristian Castrillón	Septiembre de 2011
43	Estimación del stock de capital humano bajo la metodología Jorgenson-Fraumeni para Colombia 2001-2009	Juan David Correa Ramírez Jaime Alberto Montoya Arbeláez	Septiembre de 2011